

ВОЗОБНОВЛЯЕМЫЕ ИСТОЧНИКИ ЭНЕРГИИ В РОССИИ И ПРОБЛЕМЫ ПОДГОТОВКИ КАДРОВ В ЭТОЙ ОБЛАСТИ

¹Шпильрайн Э.Э., ²Вайнштейн С.И., ²Севастьянов А.П.

¹Объединенный институт высоких температур РАН

²Московский государственный университет инженерной экологии

Рассмотрены проблемы использования возобновляемых источников энергии (ВИЭ) в России и за рубежом. Основное внимание уделено подготовке специалистов в области ВИЭ. Предложено примерное содержание учебного плана для подготовки специалиста в области ВИЭ в технических ВУЗах России.

Источником энергии, пригодной для использования, является любая система, не находящаяся в равновесии с окружающей средой. Это утверждение составляет прикладную сущность Второго закона термодинамики.

Любая неравновесная система в природных условиях стремится с тон или пион скоростью прийти в равновесие с окружающей средой. При этом вся потенциально полезная энергия неравновесной системы переходит в тепло при температуре окружающей среды, которое на основании второго закона термодинамики не может быть далее преобразовано в полезные для человека виды энергии.

Задача энергетики состоит в том, чтобы с помощью тех или иных технических устройств, преобразовать энергию неравновесной системы в необходимые формы энергии, до того как она превратилась в тепло при температуре окружающей среды.

По соображениям защиты окружающей среды, энергетической безопасности стран, не имеющих собственных ресурсов органического топлива, по социальным мотивам, во многих странах мира все большее внимание уделяется возобновляемым источникам энергии (ВИЭ).

Интерес к ВИЭ определяется двумя обстоятельствами: их экологической чистотой и возможностью обеспечить устойчивое развитие энергетики.

Современная энергетика является одним из основных антропогенных факторов, отрицательно влияющих на окружающую среду. Сегодня в энергетическом балансе мира около 85% занимают ископаемые топлива (уголь, нефть, природный газ), сжигание которых на электростанциях, котельных, бытовых установках, транспортных средствах сопровождается вредными выбросами в атмосферу, гидросферу и литосферу.

О тепловом загрязнении окружающей среды за счет работы энергетического сектора можно сказать, что пока антропогенное

тепловыделение, по-видимому, пренебрежимо мало и в глобальном масштабе планета с ним справляется. Но энергетика развивается бурными темпами, и, глядя вперед, об этом надо задумываться. Отдельная проблема - локальное тепловое загрязнение, приводящее к тому, что средняя температура вблизи электростанций, в крупных городах на несколько градусов превышает температуру за их пределами.

Использование ВИЭ в подавляющем большинстве случаев не сопровождается ни химическим, ни тепловым загрязнением. Это является одним из важнейших аргументов в пользу ВИЭ.

Стремление к устойчивому развитию - второй фактор, определяющий интерес к ВИЭ. Ясно, что удовлетворение потребностей человечества в энергии за счет невозобновляемых источников не может соответствовать принципам устойчивого развития. Можно спорить о том, на сколько лет хватит традиционных топлив и урана, но нельзя не согласиться с тем, что этот срок конечен. Только ВИЭ могут в принципе решить эту проблему.

Казалось бы, все говорит в пользу перевода энергетики на ВИЭ. Но это стремление ограничивается стоимостью энергии, получаемой от ВИЭ.

Под возобновляемыми источниками энергии (ВИЭ) обычно понимают:

- солнечную энергию;
- энергию ветра;
- энергию биомассы, включая отходы;
- геотермальную энергию;
- энергию малых рек и водотоков*;
- энергию, сосредоточенную в низкопотенциальных источниках тепла;
- энергию, связанную с наличием естественных разностей температур в природе;
- энергию волн и морских течений;
- энергию, связанную с разностью соленостей пресной и морской воды
- энергию приливов;

Наиболее общие положительные характеристики ВИЭ:

-огромный валовый потенциал всех ВИЭ в расчете на всю территорию страны;

-в большинстве случаев экологическая чистота;

- наличие того или иного ВИЭ практически в любом месте.

В то же время ВИЭ не свободны от недостатков:

-малые удельные плотности энергии (в расчете на единицу поверхности, воспринимающей эту энергию);

-значительное, в ряде случаев произвольное, непостоянство поступления энергии во времени.

Малые плотности энергии требуют больших поверхностей или объемов для получения необходимого количества энергии, а, значит, определяют при прочих равных условиях высокую стоимость

оборудования, преобразующего исходную энергию в нужную потребителю форму энергии (электроэнергия, тепло).

Непостоянство поступления энергии во времени, несовпадение этого поступления с графиком потребностей потребителя, требует либо использования аккумуляторов энергии, либо каких-нибудь дублирующих источников энергии. Это опять таки удорожает всю систему в целом.

Сказанное приводит к тому, что энергия, получаемая от ВИЭ, как правило, существенно дороже, чем энергия, получаемая от традиционных топлив, от больших ГЭС или от атомных электростанций. Прямое сопоставление стоимости единицы энергии, получаемой от ВИЭ, с традиционной энергетикой, в большинстве случаев, сегодня складывается не в пользу ВИЭ. Упомянутые выше достоинства ВИЭ (экологическая чистота и возможность устойчивого развития), к сожалению, до сего дня не находят прямого отражения при экономических расчетах.

Интересен пример США, как страны, уделяющей особое внимание использованию ВИЭ. В 2000 г. ВИЭ в США произвели 6.6 квад энергии при общем потреблении 98.5 квад, т.е. около 7% (1квад = 1.06 ЭДж). При этом вклад отдельных видов ВИЭ, квад, следующий:

Биомасса	3.3
Малые гидро	2.8
Геотермика	0.32
Солнце	0.07 (в основном нагрев воды)
Ветер	0.05

Особенно существенно, что темпы ввода новых мощностей ВИЭ в последние годы весьма велики. Например, годовой прирост установленной мощности ветровых агрегатов с 2001 по 2002 г. составил в мире 31%. Во многих индустриально развитых странах мира, исходя из условий энергетической безопасности и желания уменьшить вредное воздействие на окружающую среду, приняты амбициозные правительственные программы увеличения доли ВИЭ в энергетическом балансе и сформулированы законодательные положения, стимулирующие разработку соответствующего оборудования и использование ВИЭ.

Использованием ВИЭ в России

Современный (2007 г.) топливно-энергетический баланс (ТЭБ) России складывается следующим образом:

природный газ	49,8%
нефть и конденсат	31,6%
уголь	10,7%
гидроэнергия	4,0%
атомная энергия	2,5%
нетрадиционные ВИЭ	0,1%

Видно, что вклад ВИЭ в сегодняшний ТЭБ страны пренебрежим. На перспективу (2015 г.), в зависимости от сценария, вклад ВИЭ оценивается в 0,3 - 0,4%, т.е. за неполное десятилетие планируется 3-4-кратный рост доли ВИЭ в ТЭБе, а с учетом того, что планируется общий рост

потребления энергии по абсолютной величине, потребление энергии от ВИЭ предположительно должно возрасти в 5-7 раз с 1 млн. т у. т. до 5-7 млн. т у.т.

Это огромный прирост, который требует принятия поддерживающих мер на государственном уровне, развития научных исследований, подготовки квалифицированных кадров и развития соответствующих производств, выпускающих оборудование для установок, использующих ВИЭ. Важно отметить, что достижение показателей, приведенных выше, имеет кроме того огромное социальное и политическое значение. Применение ВИЭ предполагается в первую очередь в энергодефицитных районах, использующих сегодня дорогое привозное топливо. Потребители в этих регионах испытывают постоянный недостаток в основных видах энергоносителей (электроэнергии, тепловой энергии, котельно-печном топливе). Промышленная продукция этих регионов из-за дорогой энергии оказывается неконкурентоспособной, что приводит к свертыванию энергоемких производств, вызывая дополнительную социальную напряженность.

Возникает вопрос: нужно ли настаивать на внедрении ВИЭ в сегодняшней России и в ближайшей перспективе? Где и зачем это надо делать, что необходимо, чтобы это могло происходить?

Первое, что надо признать:

энергия, которую можно получить от ВИЭ **в обычных условиях** дороже, чем от традиционных источников.

Но там, где традиционных источников нет, где приходится базироваться на привозном топливе, ситуация иная. Известно, сколь напряженной является энергетическая обстановка на Дальнем Востоке, в северных регионах. Много лет идет разговор о том, что было бы экономически целесообразно часть средств, выделяемых на «северный завоз», направить на развертывание ВИЭ и, в частности ветровых энергетических установок (ВЭУ).

В ряде случаев ВИЭ могли бы иметь и свой рынок в других регионах, как автономные установки сравнительно небольшой мощности для потребителей, не присоединенных к централизованным системам энергоснабжения. Тогда высокая стоимость энергии от ВИЭ отходит на второй план, ибо вопрос стоит: иметь или не иметь электроэнергию.

Особо отметим фотоэлектрические преобразователи (ФЭП), ВЭУ, малые ГЭС, которые могут быть применены и там, где централизованное энергоснабжение есть. В этом случае частный владелец может пожелать иметь, например ФЭП или ВЭУ, для того, чтобы повысить надежность своего энергоснабжения. Но он не хочет порывать связь с системой, желая покупать электроэнергию из сети и продавать излишки в сеть. А это требует специального поощрительного законодательства, какое введено в ряде стран, например в Германии.

Потенциал ВИЭ на всей территории России огромен. В любом из регионов имеются ресурсы тех или иных ВИЭ, которые могли бы полностью удовлетворить их энергетические потребности. Однако,

несмотря на очевидную целесообразность, внедрение ВИЭ идет с большим трудом. Назовем некоторые проблемы, сдерживающие использование ВИЭ.

- Косность, инерционность людей, ведающих энергетикой, которым свойственно пренебрежительное отношение к ВИЭ.

- Отсутствие необходимого сравнительно недорогого и надежного оборудования. В ряде случаев оборудование можно было бы импортировать, однако, значительно больший интерес представляет его производство на отечественных предприятиях.

- Отсутствие законодательства, регламентирующего взаимоотношение производителей энергии от ВИЭ и централизованных систем энергоснабжения.

- Отсутствие разработок по использованию комбинированных систем с различными ВИЭ, позволяющих в ряде случаев преодолеть основной недостаток ВИЭ - непостоянство поступления энергии.

- Отсутствие или недостаток финансов у производителей и потребителей и неуверенность кредитных учреждений и потенциальных инвесторов в возможностях скорого возврата средств.

Нужно особо отметить и проблему отсутствия подготовленных кадров, знающих ВИЭ и умеющих внедрять их в жизнь.

В связи с проблемой подготовки кадров следует отметить некоторые особенности ВИЭ.

К ВИЭ относится, как мы рассмотрели ранее широкий круг источников, большинство из которых является производными от солнечной энергии. Исключением являются геотермальная и приливная энергия.

Особенность ВИЭ состоит в том, что использование этой энергии основано на весьма различных принципах.

- Солнечные теплоиспользующие установки преобразуют простейшую солнечную радиацию в тепло среднетемпературного потенциала.
- Солнечные электростанции (СЭС) используют концентрированную с помощью следящих за солнцем зеркал солнечную радиацию для получения высокотемпературного тепла с последующим преобразованием его в работу в термодинамическом цикле.
- Солнечные фотоэлектрические установки (ФЭУ) основаны на прямом преобразовании солнечной радиации в электроэнергию за счет внутреннего фотоэффекта в специальных полупроводниковых материалах.
- Ветровые энергетические установки (ВЭУ) используют кинетическую энергию ветрового потока, преобразуя ее в энергию вращения рабочего колеса, соединенного с генератором.
- Энергию биомассы используют двумя принципиально различными путями: термохимическим путем, включая прямое сжигание, газификацию и пиролиз, и биохимическим путем с получением

биогаза или этанола.

- К ВИЭ обычно причисляют и энергию малых рек. Принцип использования этой энергии не отличается от такового для крупных ГЭС.
- В природе огромные массы воды и воздуха имеют под воздействием солнечной радиации различные температуры. Эти разности температур, как правило малые, могут быть использованы в соответствующих термодинамических циклах для производства электроэнергии (ОТЕС, АWТЕС).
- Разности температур существуют и в толще Земли. За счет теплового потока, идущего из недр Земли к поверхности, в земле устанавливается градиент температур. В результате на различных глубинах существуют сухие горные породы или флюиды, имеющие температуру, превышающую температуру на поверхности. Эта разность температур может быть использована в ГеоТЭС или как источник тепла низкого потенциала.
- Геотермальные и другие источники низкопотенциального тепла могут быть использованы для горячего водоснабжения, отопления и технологических процессов в случае необходимости в сочетании с тепловыми насосами.
- Силы тяготения в системе Земля-Луна-Солнце в сочетании с центробежными силами, вызванными вращением Земли вокруг общего с Луной центра тяжести, приводят к возникновению приливных волн, кинетическая и потенциальная энергия которых может быть преобразована в полезную работу.

Все это многообразие делает проблему образования и профессиональной подготовки в области ВИЭ достаточно сложной.

Обсуждая вопрос о подготовке специалистов-инженеров в той или иной области, следует, прежде всего, определить какова будет его область деятельности. Будет ли он исследовать фундаментальные процессы, лежащие в основе выбранной специальности; разрабатывать и конструировать соответствующее оборудование; проектировать установки и системы; эксплуатировать эти установки; изучать экологические аспекты, связанные с выбранным направлением, или, наконец, грамотно популяризировать ВИЭ, создавая демонстрационные центры, выступая в средствах массовой информации.

В случае возобновляемых источников энергии (ВИЭ) проблема осложняется тем, что эта область энергетики, охватывает чрезвычайно разнородные по своей физической природе явления и соответственно требует весьма различных знаний.

Так, например, специалист, занимающийся использованием солнечной энергии, должен, прежде всего, знать характер изменения интенсивности солнечной радиации в зависимости от широты местности, времени года, времени суток, ориентации поверхности, воспринимающей солнечную радиацию, состояния атмосферы. Для ряда приложений должен

знать спектральный состав поступающей радиации. Он должен знать методы измерения солнечной радиации и приборы, используемые для этой цели, уметь воспользоваться результатами этих измерений. Этот объем информации предполагает знания в области физики, астрономии, тригонометрии, выходящие за рамки обычных курсов, читаемых при подготовке инженеров-энергетиков.

Перечисленная информация позволяет определить валовой потенциал источника - солнечной энергии, выражающийся, например, в джоулях на квадратный метр поверхности в год. Для того, чтобы определить технический потенциал этого источника энергии (т.е. ответить на вопрос, **можно ли** его использовать при существующем уровне знаний) следует знать существующие методы преобразования солнечной радиации в используемые энергоносители (тепло и/или электроэнергию), оценить технические возможности и КПД преобразования. Наконец, для того, чтобы оценить экономический потенциал (т.е. ответить на вопрос, **нужно ли** использовать этот источник энергии в данных условиях) необходимо уметь подсчитать стоимость получаемых энергоносителей и сопоставить ее с альтернативными источниками энергии.

Далее, для того, чтобы заняться одним из перечисленных направлений деятельности, специалисту понадобится широкий круг общеинженерных знаний в области физики, термодинамики, тепло- и массообмена, материаловедения и др.

Из приведенного примера ясно, что подготовка специалиста даже применительно к одному из выбранных источников энергии требует разработки специального учебного плана.

Но сегодня такая подготовка, ориентированная только на один из видов ВИЭ, была бы не оправдана. Дело в том, что в каждом отдельном случае, в зависимости от конкретных местных условий, предпочтительным может оказаться использование различных ВИЭ. Более того, в последнее время все большую популярность приобретает подход, когда создается энергетическая система, использующая комплексные ВИЭ, дополняющие друг друга.

Отсюда следует, что на современном этапе необходимо готовить специалистов широкого профиля, дав им обширный круг знаний, для того, чтобы они могли свободно ориентироваться во всем многообразии источников энергии, объединяемом понятием ВИЭ.

Специалист в области ВИЭ должен иметь хорошую экономическую подготовку. Попытки внедрять ВИЭ вопреки экономической целесообразности приводят к дискредитации и наносят вред делу продвижения ВИЭ в практику.

Специалист должен уметь грамотно и объективно выбрать ниши, в которых тот или иной из ВИЭ окажется конкурентоспособным. Для этого ему необходимо иметь ясные представления обо всех существующих источниках и методах преобразования энергии.

Известно, что ВИЭ в большинстве случаев являются экологически чистыми. Это качество дает ВИЭ существенные преимущества перед энергетикой, основанной на использовании органических топлив, и атомной энергетикой. Специалист, подготовленный для работы с ВИЭ, должен хорошо знать эту специфику, знать слабые и сильные места как у ВИЭ, так и у конкурентов, уметь убедительно доказать преимущества ВИЭ.

В системе подготовки инженеров в России, еще со времен существования «железного занавеса», бытует подход, в соответствии с которым отечественная промышленность, а значит и работающие в ней специалисты, должны заниматься только теми разработками, которые могут быть востребованы внутри страны. В современном мире, когда экономика страны интегрируется в мировую экономику, такая изоляционистская политика должна быть признана порочной. Применительно к подготовке кадров для работы с ВИЭ это означает следующее.

Например, известно, что в России интенсивность солнечной радиации: мала, и тем самым для нас якобы нет оснований заниматься солнечными электростанциями (СЭС) с термодинамическим циклом преобразования. Но в мире есть регионы, где такие СЭС могут быть конкурентоспособны. Почему нам не создавать оборудование для таких СЭС и не проникнуть на этот потенциальный рынок? Иными словами подготовленный нами специалист должен иметь широкий кругозор, смотреть на проблему не только с узко национальных интересов.

В связи со сказанным, можно предложить следующее примерное содержание учебного плана для подготовки специалиста в области ВИЭ.

Студент, специализирующийся в области ВИЭ, должен, прежде всего, иметь солидную общеинженерную подготовку. Она включает в себя: курсы математики, физики, химии, программирования, термодинамики, тепло - и массообмена, материаловедения, экономики и экологии. Важным элементом общеинженерной подготовки должно стать изучение иностранных языков. Обычно такая подготовка может быть завершена на 3-м или на 4-м курсе обучения. Далее следуют специальные курсы, набор которых может варьироваться в зависимости от направления подготовки специалиста. Основой специальных курсов может стать обзорный, желательно 2-семестровый, курс «Возобновляемые источники энергии». В этом курсе целесообразно рассмотреть все ВИЭ, описать их физическую природу, привести сведения о существующих или проектируемых устройствах, использующих ВИЭ, дать представление об их экономике и реальном использовании в России и за рубежом, определить предпочтительные области применения и проблемы широкого использования различных ВИЭ.

В качестве специальных курсов следует предусмотреть:

- курс, посвященный традиционной энергетике (тепловой, гидро- и атомной). Он необходим как основа для сопоставления энергетики, использующей ВИЭ, и традиционной;
- курс, посвященный проблемам энергосбережения. Здесь, наряду с

общими проблемами энергосбережения, следует показать, как ВИЭ могут влиять на энергопотребление в различных сферах;

- курс тепловых и электрических измерений и автоматизации. В них желательно выделить вопросы измерений, необходимых для решения вопроса об использовании конкретного ВИЭ, и проблемы автоматизации установок, использующих ВИЭ.

Наряду с этими курсами должны быть предусмотрены курсы по выбору, предполагающие углубленное изучение отдельных ВИЭ и методов их использования.

Важной составляющей учебного плана должны быть курсовые работы, относящиеся к курсам по выбору. В курсовой работе студенту можно поручить детальную проработку использования какого-либо ВИЭ, привязанную к конкретному месту и условиям энергоснабжения. В качестве курсовой работы может быть предложено составление бизнес - плана по использованию ВИЭ в заданном месте. Выполняя курсовую работу, студент должен продемонстрировать знакомство с литературой по данному вопросу и умение пользоваться информацией из Интернета.

При наличии соответствующей базы в учебный план могут быть включены лабораторные работы, проводимые как в стенах института, так и на реальных объектах, если таковые имеются.

Дипломная работа студента может представлять собой законченное исследование, обосновывающее создание какой-либо установки или системы, использующей ВИЭ, с оценкой экономических показателей, социальной значимости и экологических преимуществ.

Наиболее полную подготовку специалистов в области ВИЭ целесообразно организовать в вузах энергетического, машиностроительного и экологического профиля. Но и в других инженерных вузах следует ввести в учебные планы обзорные курсы, знакомящие студентов с ВИЭ и проблемами их широкого внедрения в практику.